

氏名	吉 岡 真 弥
学 位 の 種 類	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第3487号
学位授与年月日	平成10年 6 月30日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当者
学 位 論 文 名	ガラス状高分子における降伏現象の発現機構に関する研究
論文審査委員	主 査 南 齋 征夫 副主査 福田 武人 副主査 山田文一郎

論 文 内 容 の 要 旨

プラスチック材料が大変形下において示す力学応答の発現機構を理解するためには、材料内のガラス相の変形機構を解明することが重要である。このため、ほぼガラス相のみからなるガラス状高分子の変形機構が古くから研究されてきており、多数の分子論的大変形モデルも提案されている。しかしながら、降伏現象に代表される大変形応答の発現機構は依然として未解明である。本論文は、ポリメタクリル酸メチル等のガラス状高分子を試料として、降伏および降伏に関連する現象を詳細に調べるとともに、降伏現象の発現機構について実験的に考察した結果をまとめたものである。

第 1 章では、ガラス状高分子の大変形機構に関する既往の研究を概観し、本研究の目的を明確にした。

第 2 章では、異なる応力場におけるガラス状高分子の定常流動をEyring式を用いて速度解析し、ガラス状高分子の構造がせん断応力の作用によって非平衡構造へと変化することを明らかにした。

第 3 章では、単純な非線形力学模型を用いて、降伏過程における構造変化の進行を内部粘度の変化として定量化し、巨視的ひずみが構造変化の支配因子のひとつであることを示した。

第 4 章では、降伏過程およびその後の応力緩和過程において、応力-ひずみ-時間関係と同時に試料の動的粘弾性を測定し、これらの過程において、高分子構造が連続的に変化することを実験的に示した。

第 5 章では、非線形力学模型を用いて、大変形直後の応力緩和挙動および変形過程の応力-ひずみ関係の 2 種類の実験結果から、変形過程における試料の緩和時間変化をそれぞれ求めて比較し、力学模型を応力-ひずみ関係に適合して得られる緩和時間の過渡的变化が、試料の実際の緩和特性変化を定量的に表すことを示した。

第 6 章では、ガラス状態における特徴的挙動とされる降伏が、ゴム状態においても高速変形によって生じることを明らかにし、大変形による構造の等温変化が高分子材料において一般的に生じる現象であることを明らかにした。

第 7 章では、繰り返して高応力を加えた試料の静的破壊特性を測定し、大変形履歴によって高分子構造に不均質な構造が生成されることを示唆した。

第 8 章では、多様な力学および熱的履歴を与えた試料について、その加熱変形回復挙動と静的破壊特性の関係を検討し、ガラス状高分子の大変形機構がひずみエネルギーを材料内に不均一に蓄積させる可能性が高いことを示した。

第 9 章では、本研究で得られた結論を総括した。

論文審査の結果の要旨

高分子材料が塑性変形や延性破壊の際に示す複雑な非線形応答は、材料内の非晶相の変形特性に強く支配されると考えられている。このため、高分子材料の大変形機構の解明を目的として、非晶相のみからなる高分子（以下、ガラス状高分子という）の大変形に関する研究が続けられてきているが、ガラス状高分子の大変形の機構は依然として未解明である。そこで、本論文の著者は、各種の実験手法を用いて、ガラス状高分子の降伏現象とそれに関する現象について詳細に調べるとともに、大変形の機構について考察し、その結果として、以下に述べる新しい知見を得ている。

まず、ポリメタクリル酸メチル（PMMA）およびポリカーボネートを試料とし、一軸引張、一軸圧縮および単純せん断のそれぞれの応力状態における等速変形により現れる降伏点後の定常流動状態に着目し、これらの流動状態を静水圧応力項を含むByring式により解析している。この解析により、定常流動状態にあるガラス状高分子の構造は熱力学的非平衡構造に変化していることを示した上で、この非平衡構造への変化はせん断応力成分のみによって生じるものであり、静水圧応力項は関係していないことを明らかにしている。

次に、降伏過程における構造変化を力学緩和の変化として捉えることを試み、PMMAを試料として、(1)緩和時間が力学的条件と温度に依存して変化する非線形力学模型により予測される応力-ひずみ関係と実験データとの適合性の検討、(2)大変形を受けつつある試料の動的粘弾性測定、ならびに(3)種々のひずみ量における短時間側の応力緩和の測定、を行っている。その結果、降伏過程はガラス状高分子の構造が変形に伴って連続的に変化する過程であること、および、この構造変化には巨視的ひずみが支配因子として関係していることを示している。

続いて、PMMA試料がゴム状態にある温度においても、高速変形によってガラス状態と同様に降伏が起こることを示し、大変形に伴う構造変化は、分子鎖が局所的にのみ動きうる条件において強制的に大変形が加えられた場合に生じる一般的現象であることを明らかにしている。

さらに大変形履歴を与えたPMMA試料の静的破壊特性および加熱変形回復特性について調べ、ガラス状高分子の大変形の過程において、材料内にひずみエネルギーが不均一に蓄積されている可能性が高いことを明らかにしている。

以上の成果は、高分子材料の大変形機構の解明に資する新しい知見を与えており、材料強度工学の発展に寄与するものである。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格を有するものと認める。